

## 福建三钢焦化废水处理改造

孙桐泽<sup>1</sup>、刘润海<sup>1</sup>、高明利<sup>1</sup>、戴成武<sup>1</sup>、林新杰<sup>2</sup>

**摘要：**通过对福建三钢煤化工有限公司废水处理站进行生物脱氮工艺改造，使出水水质各项指标均达到国家《废水综合排放标准》（GB8978-1996）中规定的一级标准。同时，对焦化废水处理工艺流程、设备选择及工艺参数等方面进行了调整、改进，以期对焦化废水处理生物脱氮工艺设计和运行提供借鉴。

**关键词：**焦化废水；普通生化；生物脱氮；开工调试

### 1. 概述

福建三钢焦化废水处理站由中冶焦耐工程技术有限公司以 EPC 总承包的方式组织实施，与年产 90 万吨焦化工程相配套。废水处理站是在原有普通生化处理工艺的基础上，改扩建成为生物脱氮处理工艺。该装置于 2004 年 12 月底施工验收，经过为期五个月的开工调试和稳定运行，于 2005 年 6 月 21 日通过福建三钢（集团）公司达产验收，出水各项指标均达到国家《废水综合排放标准》（GB8978-1996）和《钢铁工业水污染物排放标准》（GB13456-92）中规定的一级标准。

### 2. 原废水处理站概况

福建三钢原焦化废水处理站于 80 年代初建成投产，设有预处理、生化处理和后处理系统。预处理为重力除油池、均合调节池；生化处理为两段生化工艺，曝气采用双螺旋曝气器；后处理为混凝工艺。原废水处理站工艺流程如图 1 所示。

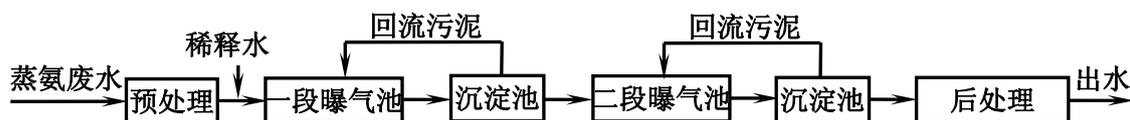


图 1 原废水处理工艺流程图

其处理后出水中 COD：350mg/L、氨氮：300mg/L，其中氨氮根本没有处理且 COD、氨氮均严重超标。

### 3. 废水处理改造

#### 3.1 改造目的

此次改造是在原生物降解酚、氰等普通生化工艺基础上，改扩建为以生物降解酚、氰及脱出氨氮为主的 A/O 生物脱氮处理工艺。使处理后出水中 COD：100mg/L 以下、氨氮：25mg/L 以下，从而达到国家《废水综合排放标准》（GB8978-1996）和《钢铁工业水污染物排放标准》（GB13456-92）中的一级标准。

### 3.2 工艺改造

改造后废水处理站采用A/O内循环生物脱氮处理工艺，工艺流程如图 2 所示。预处理出水和沉淀池回流水进入缺氧池。在大量专性和兼性厌氧菌的作用下，废水中部分芳烃类化合物和含碳无机物转化为可生物降解的物质，回流水中 $\text{NO}_3^-$ 转化为 $\text{N}_2$ ，同时，部分有机物也得到降解。缺氧池出水和沉淀池回流污泥进入好氧池，通过多种微生物的协同作用，去除残留的有机物并实现 $\text{NH}_4^+$ 的好氧硝化，并最终转化成 $\text{NO}_3^-$ 。好氧反应后的泥水混合液进入沉淀池，分离后的上清液大部分作为回流水送至缺氧池，剩余部分进入后处理系统。沉淀池分离出的活性污泥大部分回流到好氧池中，剩余污泥送至污泥处理系统。

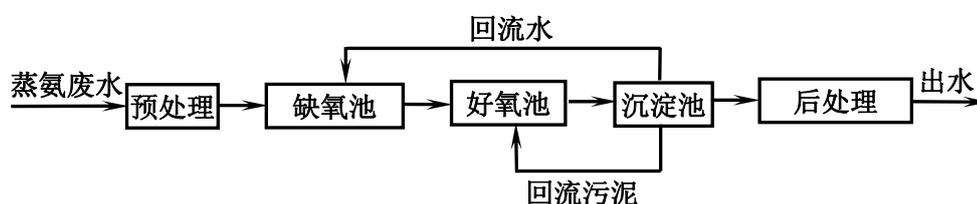


图 2 现废水处理工艺流程图

### 3.3 设施改造

在原生化处理曝气池前端新建缺氧池，缺氧池采用生物膜处理工艺；将原有的吸附再生工艺曝气池改造成完全混合推流式好氧池；为提高充氧效率，将原曝气池内双螺旋曝气器改为微孔曝气器，以降低好氧池动力损耗；更换了鼓风机；为防止微孔曝气器发生堵塞，将旧有碳钢空气管道改为不锈钢管道；原预处理和后处理系统保持不变。

### 3.4 水质对比

废水处理站改造前后出水平均水质 表一（单位 mg/L）

| 名称      | COD  | 氨氮  | 酚    | 氰化物  | PH  |
|---------|------|-----|------|------|-----|
| 进水水质    | 3500 | 250 | 350  | 15   | 7~8 |
| 改造前出水水质 | 350  | 300 | 0.5  | 0.5  | 7   |
| 改造后出水水质 | 79.7 | 2.1 | 0.05 | 0.05 | 7   |

分析方法：COD 采用重铬酸钾标准法；氨氮采用标准蒸馏滴定法；酚采用 4-氨基安替比林比色法；氰化物采用异烟酸-巴比妥酸分光光度法；PH 采用试纸测定。

由表一可见，改造后出水 COD、氨氮等指标达到且远低于《废水综合排放标准》

(GB8978-1996) 一级标准。

## 4. 开工调试

出水水质优劣关键在于生化系统的运行效果，生化系统的运行效果取决于能否培养驯化出焦化废水生物脱氮工艺所需微生物以及能否控制好影响微生物的环境因素。

### 4.1 蒸氨及预处理系统开工调整

蒸氨系统运行的稳定是生化处理稳定运行的前提条件。开工初期，调整、控制蒸氨系统的加碱量、蒸汽压力和剩余氨水量，使蒸氨废水中氨氮浓度相对稳定。蒸氨废水中氨氮、PH 值变化分别见图 3、图 4。

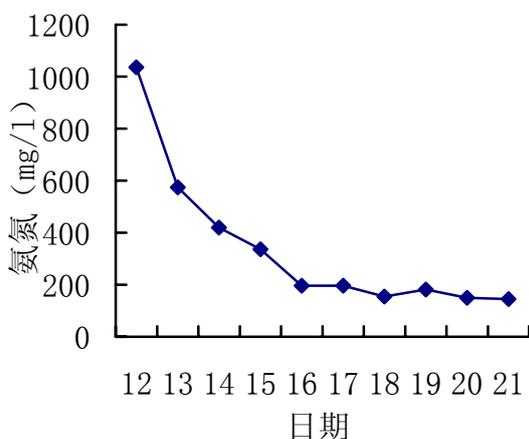


图 3 氨氮与时间关系

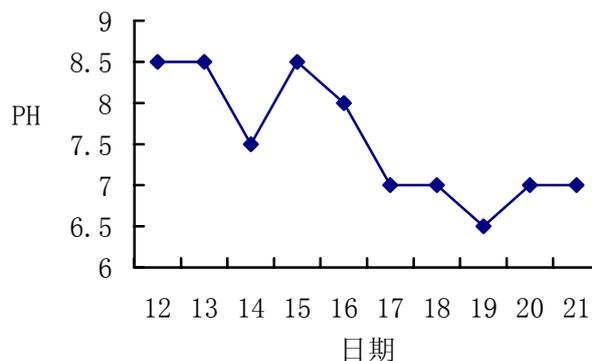


图 4 PH 与时间关系

从图中可以看出，蒸氨废水 PH 值大于 8，投碱过量，蒸氨废水中氨氮浓度下降；PH 值小于 7，投碱不足，蒸氨废水中氨氮浓度增加；蒸氨废水 PH 值控制在 7~8，蒸氨废水中氨氮浓度相对稳定。从技术、经济角度出发，蒸氨废水 PH 值控制在 7~8，不但有利于生化系统的稳定运行，而且可以降低蒸氨系统和废水处理的投碱成本。

预处理系统的正常运行是生化处理稳定运行的基础。尽管蒸氨工段采用了一些控制措施，但由于设备、蒸汽压力及管理水平的限制，仍然存在氨氮大幅波动的现象。为了减小蒸氨废水中氨氮严重超标对生化系统的冲击，我们强化了预处理系统中的均合调节池的作用及管理，保证了生化处理系统的稳定运行。

### 4.2 生化处理微生物的培养与驯化

主要包括好氧池内好氧菌、亚硝化菌和硝化菌及缺氧池内专性和兼性厌氧菌的培养及驯

化。由于焦化废水生物脱氮处理所需微生物种类较多且差异较大，环境条件要求较高，导致焦化废水处理微生物培养驯化需要较长时间。

好氧菌接种污泥取自原普通生化曝气池，运行方式为间断进水、间断曝气、集中排水。当污泥浓度升高到一定数值时，开始控制进水的氨氮浓度，培养亚硝化菌及硝化菌。由于生物脱氮工艺为多菌种共存系统，存在着细菌相互竞争、相互抑制的现象，且亚硝化菌和硝化菌作为一对共生菌，相互依存，缺一不可，因此应创造适合多菌种生存和增长的适宜条件，才能使其快速增长。

亚硝化菌和硝化菌的培养运行方式类同普通好氧菌的培养阶段，视生物生长情况可采用间断及连续培养方式。经过一个月的污泥培养，污泥沉降比SV达到 25% 以上，好氧池中 $\text{NO}_2^-$  逐渐增加，向好氧池加碱，调整泥水混合液PH值。 $\text{NO}_2^-$  达到峰值后，又逐渐降低， $\text{NO}_3^-$  逐渐增加。经过两个月以后，好氧池出水中 $\text{NH}_3-\text{N}$ 、 $\text{NO}_2^-$ 、 $\text{NO}_3^-$  浓度均保持相对稳定，说明亚硝化菌和硝化菌培养完毕。从图 5 可以看出 $\text{NH}_3-\text{N}$ 、 $\text{NO}_2^-$ 、 $\text{NO}_3^-$  的变化规律。当污泥出现滞长现象时，即可启动缺氧池进行专性和兼性厌氧菌的培养与驯化。

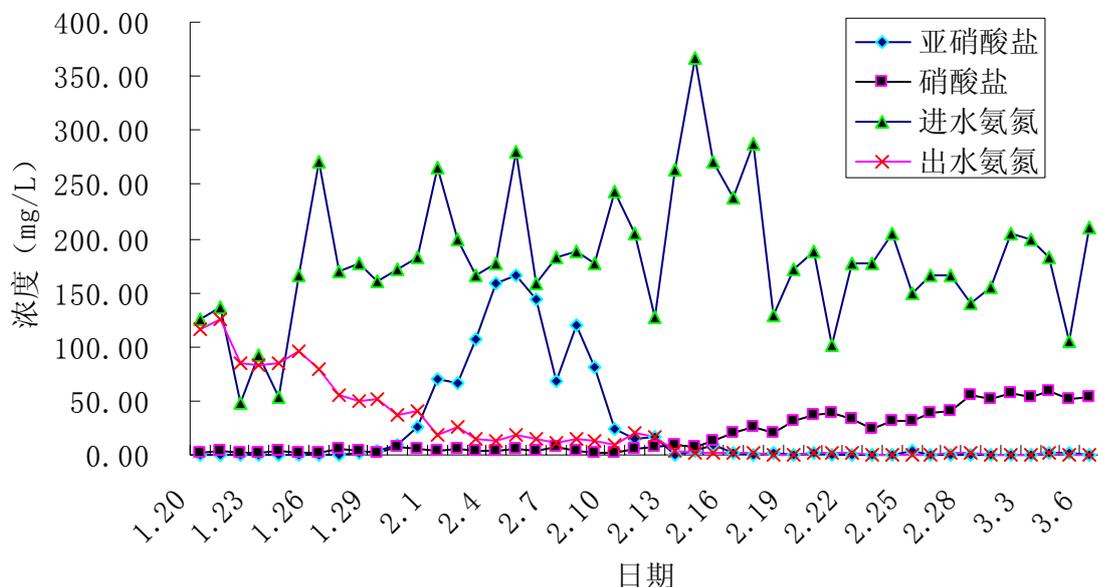


图 5 进水氨氮、出水氨氮、亚硝酸盐、硝酸盐变化曲线

缺氧池接种污泥取自好氧池中泥水混合液。缺氧池生物接种后，经过 10 天左右的生物着床及增长，池面上出现大量气泡，我们将气泡收集后进行色谱分析，发现其中 90% 为 $\text{N}_2$ ，说明缺氧池内专性和兼性厌氧菌培养完成。

在污泥驯化完成后，系统进入稳定运行阶段。根据微生物的生长环境，调整缺氧池、好

氧池的运行参数，使其在最佳的技术和经济状态下运行。稳定运行阶段生化系统出水主要污染物的去除情况见表二。

生化系统出水主要污染物的去除情况

表二

| 项目                 | 进水 (mg/L) |       | 出水 (mg/L)  |      | 去除率 (%)    |      |
|--------------------|-----------|-------|------------|------|------------|------|
|                    | 范围        | 平均    | 范围         | 平均   | 范围         | 平均   |
| COD                | 2150~5623 | 3221  | 93.7~147.8 | 135  | 94.5~96.5  | 96.3 |
| 酚                  | 285~76    | 310.5 | 0.04~0.35  | 0.34 | 99.7~99.99 | 99.9 |
| NH <sub>3</sub> -N | 25~200    | 80    | 0.98~0.8   | 1.48 | 98~99.99   | 99   |
| CN <sup>-</sup>    | 4~18      | 10.4  | 0~0.15     | 0.02 | 98.9~99.99 | 99   |

### 4.3 后处理系统开工调整

生化系统稳定运行后，为进一步降低 COD、SS 及色度，开始启动后处理系统。沉淀池进入旋流反应器，在旋流反应器进、出水端分别投加混凝剂和助凝剂后，混合液进入混凝沉淀池，进行泥水分离。

我们用聚合硫酸铁和聚丙烯酰胺、硫酸亚铁和氢氧化钠、DM301 和氢氧化钠进行对比实验，结果表明：DM301 和氢氧化钠的用药量最少，且 COD、SS、色度去除率较高。

为寻找 DM301 最佳投配浓度，取 500mL 沉淀池出水，COD 为 127mg/L，分别投加浓度为 200mg/L，300mg/L，400mg/L，500mg/L 的 DM301 混凝剂，用烧杯做静态实验，实验结果见图 6。

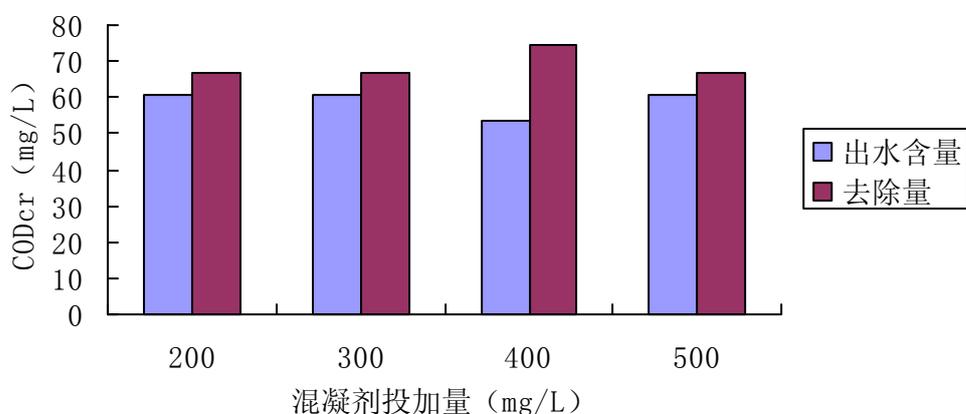


图 6 混凝剂投加量与 COD 去除量关系

由图 6 可知：当投药浓度 400mg/L 时，COD 去除率最高，增大或缩小浓度对 COD 去除

量影响不大，从技术、经济的角度出发，实际运行中我们采用的投药浓度为 200mg/L。实践表明，若使后处理出水 COD 低于 100mg/L，则生化处理系统出水 COD 应控制在 150mg/L 以下。

## 5. 效益分析

三钢煤化工有限公司被福建省环保局列为闽江流域重点治理对象，受到省人大的高度关注。经治理达标排放后，闽江流域水质已得到改善，取得了明显的环境效益和社会效益。

三钢焦化废水处理站尽可能利用旧有设施，节约了大量的基建投资，与新建同等规模的焦化废水处理站投资比较，本套废水处理站节约投资 1000 万元左右。出水达标排放后，公司每年少排 COD112 吨、氨氮 18.7 吨，还可减少几十万元的排污费支出。

新工艺取消了重力除油池、浮选池和提升泵；取消了向重力除油池和好氧池内投加聚合硫酸铁的药剂；好氧池将双螺旋曝气器更换为微孔曝气器，降低了动力消耗；增加为去除  $\text{NH}_3\text{-N}$  投加纯碱及去除 COD、SS 及色度投加 DM301 和 NaOH。系统稳定运行后，以蒸氨废水量  $40\text{m}^3/\text{h}$  计，每吨蒸氨废水的运行成本为 5.73 元/ $\text{m}^3$ 。

## 6. 总结

**6.1** 此次焦化废水处理站改造中，我们在工艺流程、设备选择及工艺参数进行了调整和改进，主要表现在以下几方面：1) 最大限度地简化了工艺流程，省去重力除油池、浮选池和厌氧池；2) 缺氧池省略了旋转布水器，且填料高度适当降低；3) 好氧池利用原有曝气池，未进行扩容；4) 稀释水控制在原水量 100% 以下，且此部分水量是作为消泡水使用的。以上几方面的成功实践，不但减少了基础建设投资和占地面积，而且降低了生产运行成本，使操作管理更加简单。同时也为焦化废水生物脱氮的工艺设计、操作运行提供了可靠依据。

**6.2** 此次废水处理站改造中，生化系统仅增加了缺氧池，就使装置出水 COD 由原来的 350mg/L 降低到 100mg/L 以下，这说明缺氧池在生物脱氮工艺中起着至关重要的作用。强化缺氧池的意义在于：1) 缺氧池采用膜法处理，起到生物水解和反硝化的双重作用；2) 从实际运行看，缺氧池对 COD 有部分去除作用，降低了好氧池 COD 的负荷，废水在好氧池中很快就进行硝化反应，相对减少了好氧池的水力停留时间；3) 提高反硝化率，使出水中  $\text{NO}_3^-$  浓度降低，有利于提高废水中总氮去除率；4) 增加反硝化过程产碱量，降低生化处理的药剂成本。

**6.3** 废水处理站的开工调试非常关键，通过系统调整，培养驯化出适应生物脱氮工艺的生物菌群，控制好影响各种菌群的环境参数，是焦化废水处理装置出水水质优劣的决定性因

素。

作者：孙桐泽；出生：71年7月；职称：高级工程师；学历：大学本科；

工作单位：中冶焦耐工程技术有限公司

作者中标注“1”的工作单位为中冶焦耐工程技术有限公司

作者中标注“2”的工作单位为三钢煤化工有限公司